PB-237 733-T

# SMOKE DAMAGE AND THE RECREATIONAL AND HYGIENIC VALUE OF FORESTS IN INDUSTRIAL AREAS

K. F. Wenzel

Environmental Protection Agency
Research Triangle Park, North Carolina

1965

DISTRIBUTED BY:

NTIS

National Technical Information Service
U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE

PB 237 733 -T

MASTER

EPA - IR 1~~673~~
16-73

# SMOKE DAMAGE AND THE RECREATIONAL AND HYGIENIC VALUE OF FORESTS IN INDUSTRIAL AREAS.

(Immissionsschäden und Erholungswert des Waldes in der Industrie=landschaft)

by

Reg.-Rat Dr. K.F. Wenzel, Bochum

Published in Forst- u. Holzw. 20 (17), 1965 (377-81)

A general account with particular reference to the Ruhr.

The social and preservative functions of the forest consist above all in the preservation of regional characteristics and the safeguarding of public health. They maintain the fertility of the soil and the well-being of the countryside and of living creatures. They have many uses of different types. According to the countryside and area, and the type and density of habitation, the individual social benefits of the forest will differ in importance. In the Taunus the task is different from in the Ruhr area. These differences can be clarified relatively simply by a comparison of

---

Translated for EPA from the German by LEO KANNER ASSOCIATES, P.O. Box 5187, Redwood City, California 94063. (415) 365-3046, July 72.



Reproduced by
NATIONAL TECHNICAL
INFORMATION SERVICE
U S Department of Commerce
Springfield VA 22151

the clear mountain air and restful forest scenery on the one hand, and, on the other hand, probably the most densely concentrated industrial area in the world.

1. From smoke damage by forest cabin fires to present-day problems of air pollution

We are grateful to the Tharandt College of Forestry for our first basic knowledge in the field of air pollution research. These early investigations were prompted by the terrible damage to the countryside in Saxony and the Harz mountains at the beginning of industrialization. The gaseous noxious substances, sulphur dioxide and hydrogen fluoride, were responsible for most of the damage, which was extensive. Both were found at Tharandt. Stockhardt discovered $SO_2$ around 1860; Schmitz-Dumont in 1896 and Wislicenus in 1905 discovered HF; and in 1883 von Schroeder and Reuss wrote in Tharandt the first great manual on smoke damage to vegetation.

At that time in Germany, it was still a question of smoke damage by cabin fires. Since the turn of the century, however, the forest, an especially sensitive form of vegetation, has not been the only victim. The effects have now spread to fields, animals, people and materials. Today there is no industrial nation in the world which can afford to disregard the facts of pollution. There are reports on the effects of pollution from all over the world, including Australia and South Africa.

2. A short survey of the effects of air pollution

Air pollution from technical sources - and it is this type

only that we are concerned with - can, according to circumstances, irritate, damage or even kill people, animals and plants. When unfavorable circumstances combine, no creature is invulnerable.

Disturbing examples here include the severe loss of animals and bees in the vicinity of lead, copper and other metal works, and the smog catastrophies in the Maas valley in 1930, Donora, U.S.A. in 1948 and London in 1952, which caused the premature deaths of over 4,000 people. In Poza Rica, Mexico, 320 people were injured by a surprise emission of hydrogen sulphide, caused by an operational error in a natural gas preparation plant: they were affected with bouts of coughing, shortage of breath, loss of sense of smell, vomiting, dizziness and headaches: 22 people died. According to clinical examinations of large sections of the population, the state of health is consonant with the level of air pollution, e.g., it is worse in Oberhausen than in the adjacent country areas of Geldern and Rees. Bronchitis, rachitis and conjunctivitis, above all, are more extensive than normal in industrial areas, and increased phosphatases values can be observed in the blood count.

Our landscape is shaped by the constructions of men: even they are soiled by air pollution and chemically attacked, the latter above all in connection with air dampness. Severe air pollution accelerates the decay of construction components: in industrial areas, iron poles, telegraph poles, railings, wire fences, guttering, zinc-covered rooves and other metal objects corrode more quickly and last for a shorter time.

Weather is also influenced by air pollution. Frequently 'tells of dust' form above the concentration centers, formed from the floating solid particles below 100 $\mu$, which are unable to fall. Thus radiation, especially ultra-violet radiation, is reduced. As air pollution produces large numbers of condensation nuclei, the frequency of fog in industrial areas is increased and visibility reduced.

3. The most important types of air pollution and the processes of injury

Immission effects in open country generally take one of two forms:

a) they inhibit the growth of sensitive plants and plant families, and

b) generally pollute the countryside.

The inhibition of growth is caused primarily by waste gases, of which dust is sometimes a part. In special cases, the growth of a plant can be distorted simply by the effect of dust. Smoke dust from cement works, for example, can, under certain circumstances, harden from the outside and form a crust around the plant, closing it in like armor.

Whereas smoke dust (with the exception of the toxic dusts) usually only causes damage by settling on plant surfaces, flue gases penetrate inside the plant and are therefore very destructive. The external dust falls off and the internal flue gas remains largely undiscernible. When these gases are widespread in an industrial area, the only important factor is in what concentration they affect the plant. They are not dangerous below a certain

distribution level in the air: it is a matter of volume ratios in the ppm (parts per million) region. If a bag full of hydrogen fluoride or a suitcase full of sulphur dioxide is mixed with 1 million cbm of air, the harmful concentration level is approximately reached.

fig.1. View from wooded hills of the basin of Hagen, Westfalia

Flue gases are drawn into the leaves through the cracks in the same way as the oxygen and carbon dioxide necessary for the growth of plants. If the concentration is high enough, they attack the highly sensitive protoplasma within the leaf, change the chemical composition and structure, and thus destroy the normal course of the fundamental metabolic processes of assimilation, transpiration and respiration. The inevitable result is a reduction in the vitality and strength of the plant. Its growth is halted. Lengthy or repeated absorbtion of flue gas is similar to continuous poisoning. Chronic immission poisoning thus means sickness for the plant affected.

## 4. Local and widespread effects of damage

Severe immission damage to vegetation is caused by large technical smoke sources. There is no known instance in the literature or observations on the subject, where house fires, with their small amount of waste gas released only in the winter, have caused any noticeable damage to vegetation. In Europe, traffic emissions have not been found to damage individual plants, flower beds or trees in narrow lanes or in valleys, at large intersections or at the entrances to tunnels, and so they may be regarded as no great problem for vegetation in our climate (unlike Los Angeles!). House fires and traffic do certainly contribute considerably to the smog accumulation in the lower atmosphere during non-inversible winter weather, when the metabolism of plants is for the most part inactive.

fig.2. A local large smoke source in the mountains with extensive effect of waste gases on vegetation

So the immission areas - as far as our vegetation is concerned - are large industrial areas, primarily metalworks and metal

industries, chemical works in the broadest sense of the term, industries dealing with stone and quarrying, and plants with an enormous consumption or decomposition of coal or oil. Where such industries are found in isolation, the possibility of local immission damage must be reckoned with; where they are concentrated in groups, we may find that the extent of the damage stretches over hundreds of sq.km.

Immission damage in open country, therefore, is caused by industrial concentrations and small local furnaces distributed throughout the region. In the latter case, the damage can generally be traced back to one noxious substance, and is therefore relatively easy to diagnose and control; in the former case, there are often complex synergistic effects of several different noxious substances, some of which are unknown; but the major ones predominate.

5. Areas affected by waste gases

As a coat of dust is less dangerous to vegetation, and large dust sources are generally within the concentration area, the local damage is largely caused by waste gases. We know of many chemical factories and metal works in Central Europe which have caused varying degrees of $SO_2$ damage to between 100 and 1000 hectars of forested area. In extreme cases, the damage can be even more extensive. A metallurgical plant in Canada caused identifiable damage to vegetation growth over an area of up to 83km, through the narrow and deep Columbia River valley into the U.S.A. The area damaged by the $SO_2$ emitted by a Swedish chemical plant amounted

to 10,000 hectars, in which were 4,000 hectars of forest affected to a greater or lesser degree. Local brickworks and ceramic works have damaged up to 100 hectars of forest with HF, and aluminum plants over 500 hectars. In these examples, an average of 10-15% of the area affected was fatally damaged, so that permanent barren spots appeared on which long-living wood could no longer grow. A proportion of this barren area of the forest is often so badly affected by waste gases that no plant at all can survive there: even weeds and heather die off. We call such a death zone a 'totally smoke devastated area'. Such areas are especially prone to errosion. Unfortunately in Germany today there are still some such places, turning into barren wildernesses because of air pollution.

fig.3. Metallurgical plant in the Ruhr with high emission of dust and waste gases

The great industrial concentrations are always at the same time chronic waste-gas emitting areas. In Central Europe, the most significant examples are the Ruhr area, the Central German

lignite deposits, the upper Silesian coal fields, as well as a large part of the Erz mountains, which are being flooded with $SO_2$ and dust from the northern Bohemia lignite basin, Brüx/Dux.
In these 4 large concentration areas alone, there are today about 160,000 hectars of coniferous forest affected by growth-reducing emissions, and about 60-70,000 hectars of this forest is in danger of dying.

figs. 4&5. Chronically smoke damaged trees in the central Ruhr area with thin, crippled, deformed and distorted growth, covered with dust and prematurely dying

6. Dust pollution areas

The areas mentioned above are also dust pollution areas, primarily on account of the enormous volume of coal burnt in numerous thermal power plants. We know of large boiler plants which burn 40,000t of lignite a day, and despite the installation of smoke dust filters, release several tons of smoke dust into the atmosphere every day (in addition to $SO_2$ - about the same amount). In the Ruhr there is an especially large number of plants using coal dust. In the center of the Ruhr area, according to years of measurements, an average of 0.6 - 1.0g per sq.m. of smoke dust settles every day, i.e., between 2.2 and 3.6t per hectar and year. In the pine forests between Bitterfeld, Leipzig and Dessau, smoke dust accumulation has caused a significant change in flora and acidity level of the humus for up to 20km in the lee of the large electrical plants.

Dust is thus partially distributed over a wide area. Dust from the Ruhr area settles, for example, in large, visible quantities, 100km away in the area around the Hermann memorial in the Teutoburg Forest. Dust settles only when a dry high pressure weather situation occurs simultaneously with a west wind, and when this weather holds for a few days. Rain then washes the smoke dust off the trees to the ground. Local dust pollution in the countryside can be found near isolated cement and lime factories, benefication equipment for stone and quarrying industries, as well as metallurgical plants.

7. The appearance and state of health of green areas in air polluted regions

The degree of immission danger to plants in any one place is dependent on numerous factors: some of the most significant are the nature, concentration and method of attack of the immissions, the meteorological and orographic situation as well as the adaptability of the plant to the area (adequate food supply, etc.). The type of plant, its stage of development and its physiological activity at the time are also important. Growth and life expectancy of the plant are then definitive for the actual damage.

A tall plant is much more susceptible to flue smoke poisoning than one which grows low on the ground. Trees offer a large area of attack to the immissions, and they are also exposed to such dangers for a very long time. Adverse effects can pile up over a period of time; and so it is understandable if wood and trees are most affected by flue smoke. The plants which grow low on the ground, protected by high vegetation or buildings, suffer the least. As 'immission periods' occur irregularly, the short life span and rapid growth of annual plants mean that they have a considerable chance of being spared severe injury in a critical phase of development, or of growing out of individual attacks in recuperative periods. Damage to agriculture is therefore limited to the immediate vicinity of large industrial centers, whereas even lethal damage can be done to long-living trees over a wide area, and can remain visible for a long time.

Immission in the countryside, then, produces local damage, and in large concentration areas it primarily affects the state of woods, parks, trees, cemeteries and gardens. Stunted growth

first appears as a preliminary 'extermination' of the more sensitive varieties, especially the conifers. The green areas thus become more open as leaves disappear. The less sensitive trees form an 'immission habitat' in the chronically affected areas, with their twisted, aged-looking growth. The consequence is that there is a lack of variety, reduced life-span and, of course, qualitative and quantitative growth and fruit reduction, in addition to a loss in selling value on the one hand, and increased costs of cleaning, protection and operational changes on the other. In the dust areas, there is also the problem of dirt. Anyone visiting the Ruhr area in May and June, is usually surprised by the fresh green color of the foliage. However, in the early summer it already looks old, dusty, gray and stained by immissions.

Air pollution - as it appears today in numerous individual spots in the countryside and particularly extensively in the 4 concentration areas of Central Europe, the Ruhr, Central Germany, the Erz mountains and Upper Silesia - is a pathogenic situational factor. It makes the countryside biologically sick. Air pollution zones are therefore areas of decreasing health. This fact is supported by the increased weakness of smoke damaged vegetation against further toxic dangers. In immission affected plant families, certain parasites are strengthened - of course only those which are themselves not affected by immission. The frost resistance of conifers is also reduced by immission.

8. Social uses and recreational value of green areas in industrial areas

Many visitors to the Ruhr ask why the deformed trees and

woods in the industrial area are preserved.

fig.6. Severely damaged trees in an orchard near Gelsenkirchen

When one goes out from the Ruhr, one comes across very unattractive wooded areas and trees in the industrial section. Dust and distortion of growth have been for decades a characteristic of this landscape. If anyone walks through the approximately 1,000 hectars of forest between Wanne-Eickel, Gelsenkirchen, Recklinghausen and Castrop-Rauxel, he will be forced to observe that these forests can scarcely offer any aesthetic pleasure at all because of their low, distorted growth and strange positions. It is certainly no great pleasure to go walking there. If it has not recently been washed off by a rain shower, trees, bushes and grass are covered with a layer of dust, which is easily brushed off. Around the trunks of older trees, it is possible to find on the ground 'discs of dust' up to 5cm thick and several sqm in area; they are made of densely packed smoke dust which has been rinsed down from the branches. This is, by the way, a clear indication of the

hygienic filter effect of trees and woods in combing dust out of the air. Some dust particles, such as substances containing tar and rust, cling very persistently to branches and bark, and thus become a permanent part of the Ruhr forest. One must take care not to touch branches, etc., if one does not wish to return home dustier from one's walk. The same applies - to a lesser extent - to the woods of the peripheral zones of the area to the north and east, where the wind carries most of the contaminants.

Although the forest is of a respectable size and in the middle of the Ruhr concentration area, one only meets more than a handful of people in the forest in the first weeks after new foliage appears, when nature can still offer some untouched attractions. Even walkers are spoiled today. They want a well-tended, clean green, such as that which can be seen in the gardens and parks of many Ruhr cities, made possible by constant renewal of flower beds, mowing of lawns, etc. - a very expensive undertaking. However, it is impossible for the dusty and gas damaged woods to offer the visitor constant freshness.

We should not close our eyes to the fact that a high level of air pollution can considerably reduce the recreational value of the woods in our industrial areas. It is precisely the forests which collect large quantities of dust and compress it into the ground. This is probably their most important cultural and social function in an industrial area. (At this point I should say that the so-called 'social benefits' of the forest cannot be strictly divided into preservative and social functions. The fact that the

forest contains or restrains air pollution is equally important for considerations of health, etc. When one considers the rapid rate of population growth, the increasing demands made on the land, and the dependence of men on biological laws, then preservative and social functions may be seen to serve the same purpose, namely the preservation of natural, healthy surroundings. The author considers it necessary to distinguish only 2 groups in defining the role of the forest:

a) the preservative and social functions and

b) the economic and natural supply functions.)

However, a high degree of cleanliness is then impossible. Some cases are so critical that one cannot have all the blessings of the forest at once.

The center of the Ruhr area is, however, an extreme case in W.Germany with respect to air pollution. Even the Ruhr valley itself and the southern edges of the concentration area, where only a small percentage of contaminants is distributed, are considerably cleaner than the center and the northern and eastern edges. Moreover, the other German concentration areas - Rhein/Main, Mannheim/Ludwigshafen, Stuttgart, Munich, Nuremberg, Hamburg, Bremen and Hannover - have very much cleaner air. These are areas of concentrated habitation but not of large air polluting industries. This is often overlooked in many reports. Above all, outside of the coal areas, there are few thermal power plants and metal industries, the major pollutants of the Ruhr. Thus the state of health of the woods and green spaces in these other German

concentration areas is incomparably better than in the Ruhr forest. Anyone who knows how to use the state of the forest as an ecological immission indicator, soon recognizes that the so-called German concentration areas differ considerably in degree of air pollution and vitality and state of health of vegetation.

fig.7. 100 year old barren area in the Eifel after destruction of the woods around 1860. Photograph taken in 1960.

So the significance of the forest as a recreational area in the center of the Ruhr is perhaps doubtful. The few remaining patches of forest, scattered hopelessly around in an ocean of air pollution, do not have a chance against the large volume of immission which is constantly being renewed. One could also say that they are forced to fulfil such an excess of air-cleansing functions, that the social function of the forest as a recreation area suffers. A pitiful situation of immission damage therefore is not to be held against the forest but doubly for it!

9. Forests in the planning of concentration areas

In the other concentration areas, the pace of development has not yet run away with us. Here there is still a relatively small amount of heavy industry together with a considerable amount of green countryside. Although they fulfil their protective and social functions, the demands made on woods which lie near to the cities are not excessive, and they still have - apart from some local damage - their full recreational value. The Ruhr area may be an instructive example for the future, so that between Wiesbaden, Darmstadt and Hanau (an area whose situation makes it very attractive to heavy industry) or in the other city concentrations, changes will come about, and a similar relationship between heavy industry or air pollution and green areas such as that of the Ruhr will not be allowed to come into being.

It is necessary to consider hygienic and sanitary requirements at the very beginning of heavy industrialization - not later when it is almost too late as in the Ruhr. For many years it has no longer been a question of, on the one side, observation and reparation of smoke damage, and, on the other side, industrialization at any price. It is now a question of the lasting health of the countryside, whilst making use (not misuse) of technology at the same time.

Nowhere is the forest so necessary for the health of the countryside as in concentration centers. Precisely in such areas, it must not be allowed to be diminished through lack of planning and finally destroyed altogether. At least large interconnected

complexes of forest should remain untouched, so that the forest is in a position to maintain its own climate. Only a consistent policy directed towards air cleanliness can prevent technical expansion robbing us of our health and thus endangering the very fruits of economic progress.

Prevention is better than a cure. The other concentration areas can learn much from the mistakes of the Ruhr. May they be spared this extent of damage to and loss of the countryside.

# CHAPTER 1

## THE PROBLEM OF COORDINATION IN A CHANGING FEDERALISM

331049

Der Forst- und Holzwirt

8. September 1965 20. Jahrg./Nr. 17

1 N 2590 D

Verkündungsblatt der Landesforstverwaltungen Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein und des Saarlandes, die Forstabteilungen der Landwirtschaftskammern mit Nachrichten aus den Waldbesitzerverbänden und Forstvereinen

TR. 16-73

# Immissionsschäden und Erholungswert des Waldes in der Industrielandschaft*)

Von Reg.-Rat Dr. K. F. Wentzel, Bochum

1965

W-243

1966 Forestry Abstracts 27

2306. WENTZEL, K. F. [Smoke damage and the recreational and hygienic value of forests in industrial areas.] *Forst- u. Holzw.* 20 (17), 1965 (377–81). [G.]

A general account, with particular reference to the Ruhr. [Cf. *F.A.* 22 No. 4647; 24 No. 3817.]

99.8
F7724

Der Forst- und Holzwirt

6. September 1965 20. Jahrg./Nr. 17

1 N 2890 D

Verkündungsblatt der Landesforstverwaltungen Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein und des Saarlandes, die Forstabteilungen der Landwirtschaftskammern mit Nachrichten aus den Waldbesitzerverbänden und Forstvereinen

# Immissionsschäden und Erholungswert des Waldes in der Industrielandschaft*)

Von Reg.-Rat Dr. K. F. Wentzel, Bochum

Die Schutz- und Sozialfunktionen des Waldes bestehen vor allem in Landeskultur bewahrenden und Volksgesundheit sichernden Wirkungen. Sie erhalten oder fördern die Fruchtbarkeit der Erdböden, Gesundheit der Landschaften und das Wohlbefinden der Lebewesen. Sie sind vielfältig und vielgestaltig. Je nach Landschaft und Standort, Art und Dichte der Besiedlung haben die einzelnen Wohlfahrtswirkungen unterschiedliches Gewicht. Im Taunus steht eine andere Sozialfunktion im Vordergrund wie im Ruhrgebiet. Aus dem Kontrast zwischen sauberer Bergluft und erholsamer Waldlandschaft hier und dem wohl am stärksten industriekonzentrierten Ballungsraum auf der Welt dort sind diese Unterschiede relativ leicht und besonders deutlich klarzulegen.

### 1. Von den forstlichen Hüttenrauchschäden zum Luftverunreinigungsproblem

Der Tharandter Forstlichen Hochschule verdanken wir die ersten grundlegenden Erkenntnisse auf dem Gebiet der Luftverunreinigungsforschung. Diese frühen Untersuchungen wurden durch die verheerenden Landschaftsschäden in Sachsen und dem Harz zu Beginn der Industrialisierungswelle veranlaßt. Für den überwiegenden Teil der umfangreichen Immissionsschäden sind die gasigen Noxen Schwefeldioxyd und Fluorwasserstoff verantwortlich. Beide wurden in Tharandt entlarvt. Stöckhardt entdeckte um 1860 das $SO_2$, Schmitz-Dumont 1896 und Wislicenus und Reuss in Tharandt das erste große Handbuch über die Rauchbeschädigung der Vegetation. Damals handelte es sich in Deutschland noch lediglich um Hüttenrauchschäden. Seit etwa der Jahrhundertwende aber geht es nicht mehr allein um die besonders empfindliche Vegetationsform Wald. Die Einflüsse griffen inzwischen auch auf Felder, Tiere, Menschen und Materialien über. Heute gibt es keinen Industriestaat auf der Welt mehr, der es sich leisten könnte, die Immissionserkenntnisse zu vernachlässigen. Aus allen Erdteilen, sogar Australien und (Süd) Afrika liegen Arbeiten oder Berichte über Immissionseinflüsse vor.

### 2. Kurzer Überblick über die Wirkungen von Luftverunreinigungen

Die Luftverunreinigung aus technischen Quellen — und nur diese interessieren hier — können je nach den Umständen Menschen, Tiere und Pflanzen belästigen, schädigen, ja sogar töten. Wenn ungünstige Umstände zusammentreffen, ist kein Lebewesen völlig gefeit.

Geradezu bestürzende Beispiele sind die schweren Viehverluste und Bienensterben in der Nähe von Blei-, Kupfer- und anderen Metallhütten sowie die Smog-**Katastrophenfälle** im Mosatal 1930, Donora/USA 1948 und London 1952, die über 4000 Menschen vorzeitig das **Leben kosteten**. In Poza Rica (Mexiko) erkrankten 1950 **durch** einen überraschenden Ausbruch von Schwefelwasserstoff infolge eines Rohrleitungsfehlers in Erdgasaufbereitungsanlagen plötzlich 320 Menschen mit Husten, Atemnot, Verlust des Geruchsvermögens, Erbrechen, Schwindel und Kopfschmerzen; es starben davon 22 Personen. Nach klinischen Untersuchungen an größeren Bevölkerungsgruppen ist der Gesundheitszustand gleichlaufend mit der Luftverunreinigung z. B. in Oberhausen schlechter als der der angrenzenden Landkreise Geldern und Rees. Stärker als normal verbreitet sind im Industriegebiet vor allem Bronchitis, Rachitis und Augenentzündungen (Conjunktivitis); außerdem stellt man im Mittel deutlich erhöhte Phosphatasewerte im Blutbild fest.

Unsere Landschaft wird von den Bauwerken der Menschen mitgeprägt; auch sie werden durch Luftverunreinigungen verschmutzt und chemisch angegriffen, dies vor allem in Verbindung mit hoher Luftfeuchte. Starke Luftverunreinigung beschleunigt die Verwitterung der Bausteine; in den Industriegebieten korrodieren Eisenpfähle, Leitungsmasten, Gitter, Drahtzäune, Dachrinnen, Zinkdächer und andere Metallgegenstände schneller und haben daher eine herabgesetzte Lebensdauer.

Durch die Luftverunreinigung wird auch das Wetter beeinflußt. Über den Ballungszentren wölben sich häufig „Staubglocken" aus in der Luft schwebenden festen Teilchen unterhalb 100 µ Größe, die keine Sinkfähigkeit mehr haben. Dadurch wird der Anteil der Strahlung (insbesondere der UV-Strahlung) vermindert. Da die Luftverunreinigung in großen Mengen Kondensationskerne liefert, ist die Nebelhäufigkeit in Industrie-Arealen erhöht und die Sichtigkeit herabgesetzt.

### 3. Die wichtigsten Erscheinungsformen und Schädigungsvorgänge

Die Immissionseinflüsse im Freiland äußern sich hauptsächlich in zwei Erscheinungsformen:

a) Wachstumsverkümmerungen empfindlicher Pflanzen und Pflanzengemeinschaften sowie

b) einer allgemeinen Landschaftsverschmutzung.

Die Wachstumsdepressionen werden vor allem durch Abgase verursacht, wobei Staub beteiligt sein kann. In Sonderfällen kann eine Wuchsverkümmerung auch allein durch Staubeinflüsse bedingt sein. Der Flugstaub aus Zementwerken beispielsweise kann unter bestimmten Voraussetzungen von außen her verätzen und Krusten um die Pflanzenteile ausbilden, die diese wie in einen Panzer einschließen.

Während aber der Flugstaub (mit Ausnahme der toxischen Stäube) in der Regel nur durch sein Auflegen auf den Oberflächen hindert oder belästigt, dringen die Rauchgase in das Pflanzeninnere ein und wirken daher zumeist folgenschwerer. Der Staub fällt äußerlich auf, die Rauchgase bleiben überwiegend unsichtbar. Wenn sie im Industriegebiet auch allgegenwärtig sind, entscheidend ist allein, in welchen Konzentrationen sie zur Einwirkung kommen. Unterhalb bestimmter Verteilungen in der Luft sind die Rauchgase ungefährlich. Allerdings handelt es sich dabei um Volumenverhältnisse im ppm (parts per million)-Bereich. Wenn man eine Handtasche voll Fluorwasserstoff oder einen Reisekoffer voll Schwefeldioxyd mit 1 Millionen cbm Luft vermischt, dann hat man schon

*) Kurzfassung eines Lichtbildervortrages auf der Tagung über die Sozialfunktionen des Waldes in der Evangelischen Akademie Arnoldshain am 4. Mai 1965

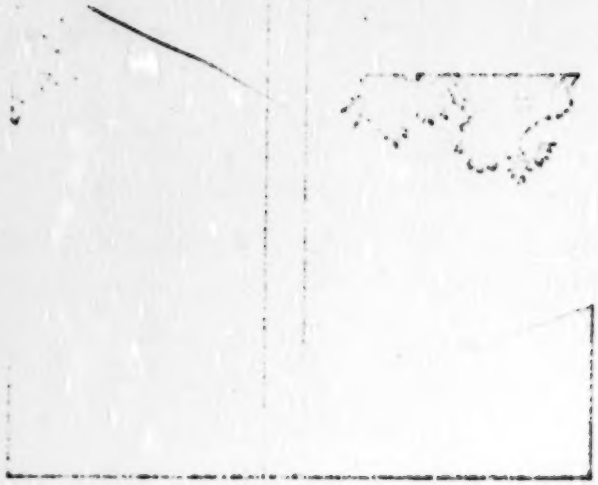

*Abb. 1: Blick von bewaldeten Höhen auf den Talkessel der Stadt Hagen/Westf.*

etwa die Konzentrationsschwelle der Schädigung erreicht.

Auf demselben Wege wie die zur Produktion pflanzlicher Substanz benötigten Luftbestandteile Sauerstoff und Kohlendioxyd werden auch die Rauchgase im Zuge des Stoffwechsels durch die Spaltöffnungen in das Innere der Blätter aufgenommen. Bei ausreichender Konzentration greifen sie im Blattinneren das hochempfindliche Protoplasma an, verändern seine chemische Zusammensetzung und Struktur und stören dadurch den normalen Ablauf der fundamentalen Stoffwechselvorgänge Assimilation, Transpiration und Respiration. Eine Herabsetzung der Lebensfähigkeit und Leistungskraft der Pflanze ist die unausbleibliche Folge. Das Wachstum gerät ins Stocken. Eine länger anhaltende oder wiederholte Einwirkung von Rauchgasen kommt einer fortdauernden Vergiftung gleich. Chronische Immissions-Erkrankung bedeutet daher ein Siechtum für die betroffenen Lebewesen.

### 4. Lokale und großräumige Schädigungsareale

Wesentliche Immissionsschäden an der Vegetation werden nur von technischen Großrauchquellen verursacht. Es ist kein Fall in der Feststellungspraxis oder Literatur bekannt, wo der Hausbrand mit seinen dünnen, nur winterlichen Abgasfähnchen bemerkenswerte Vegetationsschäden verursacht hätte. Auch die Verkehrsemissionen haben in Europa bisher lediglich Einzelpflanzen, Blumenbeete oder Straßenbäume in engen Gassen oder Talschluchten, an Verkehrsknotenpunkten oder Eingängen von Tunneln beschädigen können, sind in unseren Klimaten (anders Los Angeles!) also ebenfalls kein wesentliches Problem für die Vegetation. Allerdings tragen Hausbrand und Verkehr bei austauscharmen winterlichen Wetterlagen, wo der Stoffwechsel der Pflanzen weitgehend ruht, ganz erheblich zur „Smog"-Anreicherung der unteren Atmosphäre bei.

So sind die Immissionsareale — soweit die Vegetation bei uns betroffen ist — straff an Großindustriebetriebe gebunden, in erster Linie an Hüttenwerke und Metallindustrien, chemische Werke im weiten Sinne, Industrien der Steine und Erden sowie Anlagen mit massenhafter Verbrennung oder Aufschließung von Kohle oder Öl. Wo solche Betriebe vereinzelt in der Landschaft liegen, muß mit der Möglichkeit lokaler Immissionsschäden gerechnet werden, wo sie sich konzentrieren, finden wir ausgedehnte Schadgebiete über zum Teil Hunderte von qkm Fläche.

Das Gesicht der Immissionsschäden im Freiland setzt sich daher aus großräumigen Einflußarealen um die Industrieballungsgebiete und lokal fast überall in der Landschaft verteilte kleine Schadherde zusammen. Bei diesen ist der Schaden meist nur auf eine Noxe zurückzuführen und daher relativ leicht diagnostizierbar und abgrenzbar; bei jenen liegen oft komplexe synergistische Wirkungen mehrerer verschiedener Noxen aus zahlreichen, zum Teil unerkannt bleibenden Rauchquellen vor, wobei die Hauptschadstoffe jedoch ebenfalls dominieren.

### 5. Abgaseinflußgebiete

Da eine Verstaubung für die Vegetation weniger gefährlich ist und die Großstaubquellen zumeist in den Ballungsräumen liegen, sind die lokal gelegenen Immissionsschadflächen weitaus überwiegend durch Abgaseinflüsse bedingt. Wir kennen eine lange Reihe von

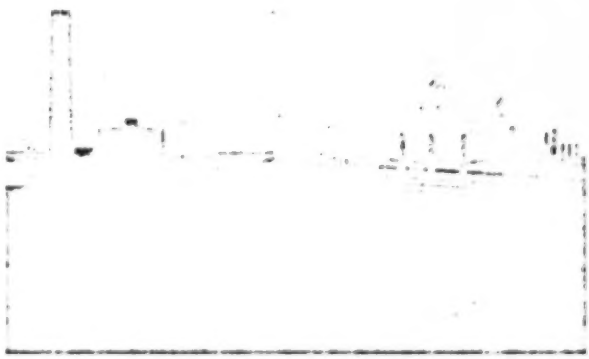

*Abb. 3: Hüttenwerk im Ruhrrevier mit hohem Auswurf von Staub und Abgasen.*

Chemiebetrieben und Hüttenwerken in Mitteleuropa, die zwischen 100 und 1000 ha Waldflächen in unterschiedlicher Intensitätsabstufung wesentlich durch $SO_2$ beschädigten. In Extremfällen sind die Schadflächen noch weit ausgedehnter. Ein Hüttenwerk in Canada hat durch Auswurf von $SO_2$ noch bis auf 83 km Entfernung durch das enge und tiefe Columbia-Flußtal in die USA hinein an Douglasien nachweisliche Zuwachsschäden verursacht. Das Einflußgebiet der $SO_2$-Abgase eines Chemiebetriebes in Schweden war 10 000 ha groß, darin lagen 4000 ha mehr oder weniger beschädigte Wälder. Durch HF haben lokal gelegene Ziegeleien oder Keramikwerke bis 100 ha Waldflächen erheblich beschädigt, Aluminiumwerke z. T. über 500 ha. Bei den genannten Beispielen sind im Mittel etwa 10 bis 15 % der vom Schaden ergriffenen Gesamtflächen tödlich betroffen worden, so daß nachhaltige Rauchblößen auftraten, auf denen kein Gedeihen für langlebige Gehölze mehr möglich war. Ein Teil dieser am schwersten getroffenen Waldblößenflächen ist oft sogar so stark von Abgasen bestrichen, daß überhaupt keiner Pflanze mehr eine Lebensmöglichkeit bleibt; sogar Heidekraut und Sauergräser sterben ab. Wir nennen diese Todeszonen absolute Rauchblößen. Sie unterliegen im besonderen Maße der Erosion. Leider gibt es solche Ansätze zu Karst und Wüste durch Luftverunreinigung auch heute noch in Deutschland.

*Abb. 2: Eine im Bergland lokal gelegene Großrauchquelle mit weitem Einflußbereich der Abgase auf die Vegetation.*

*Abb. 4 und 5: Chronisch immissionsbeschädigte Waldbestände im Zentrum des Ruhrgebietes mit lichtem, greisenhaft gedrücktem, verkrüppeltem und kümmerndem Wuchs, verstaubt und vorzeitig absterbend.*

Die großen Industrieballungsräume sind zugleich auch stets chronische Abgaseinflußgebiete. Für Mitteleuropa sind hier in erster Linie zu nennen das Ruhrgebiet, das mitteldeutsche Braunkohlen- und das oberschlesische Steinkohlenrevier sowie der größte Teil des Erzgebirges, das vom nordböhmischen Braunkohlenbecken Brüx Dux her mit $SO_2$ und Staub überschwemmt wird. In diesen 4 großen Ballungsräumen liegen heute allein etwa 160 000 ha Koniferenwälder unter einem wuchsmindernden, etwa 60 000 bis 70 000 ha davon sogar unter einem existenzbedrohenden Immissionseinfluß.

### 6. Staubverschmutzungsräume

Die letztgenannten Großräume sind zugleich Staubverschmutzungsbezirke, und dies hauptsächlich wegen der insgesamt riesenhaften Kohleverbrennung in zahlreichen thermischen Großkraftwerken. Wir kennen Großkesselanlagen, die täglich 40 000 t Braunkohle verfeuern und trotz eines Einsatzes von Flugstaubfiltern noch mehrere Hundert t Flugstaub pro Tag (sowie $SO_2$ in gleicher Größenordnung) der Atmosphäre überlassen. Kraftwerke auf Staubkohlebasis ballen sich besonders an der Ruhr. Im Zentrum des Ruhrreviers gehen nach langjährigen Messungen im Mittel 0.6 bis 1.0 g Flugstaub je qm pro Tag nieder, das sind 2.2 bis 3.6 t je ha und Jahr. In den Kiefernwäldern zwischen Bitterfeld, Leipzig und Dessau ist durch Flugstaubüberschüttung eine signifikante Veränderung von Bodenflora und Säuregrad der Humusauflage bis auf 20 km leewärts der großen Elektrizitätswerke nachgewiesen worden.

Der Staub wird also z. T. weit hin verweht. Staub aus dem Ruhrgebiet sedimentiert z. B. in optisch auf den Baumteilen sichtbaren Mengen 100 km entfernt im Raum um das Hermannsdenkmal bei Detmold im Teutoburger Wald. Der Niederschlag tritt nur auf, wenn eine trockene Hochdruckwetterlage mit Westwindströmung zusammenfällt und einige Tage anhält. Regen wäscht den im Waldfilter aufgefangenen Flugstaub dann wieder zu Boden. Lokale Staubverschmutzungsräume in der Landschaft finden wir an einzeln gelegenen Zement- und Kalkwerken, Aufbereitungsanlagen für Steine und Erden sowie Hüttenbetrieben.

### 7. Bild und Gesundheitszustand der Grünflächen in Luftverunreinigungsarealen

Der Immissionsgefährdungsgrad der Pflanzen auf einem bestimmten Standort ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Unter den äußeren Faktoren ist vor allen Dingen die Beschaffenheit, Konzentration und Anreicherungsweise der Immissionen, die meteorologische und orographische Situation sowie die Standortgüte der Pflanzen (Nährstoffversorgung usw.) von Bedeutung. Von den pflanzeneigenen Faktoren die Pflanzenart, das Entwicklungsstadium und die physiologische Aktivität zur Zeit der Immissionsangriffe. Für die tatsächlich anzutreffenden Schäden im Freiland sind sodann Wuchsform und Lebensdauer der Pflanzen bestimmend.

Naturgemäß ist eine hoch in den Luftraum ragende Pflanze den Angriffen von Rauchgasen viel stärker preisgegeben als ein dicht am Boden stehendes Gewächs. Bäume bieten den Immissionen aber nicht nur eine große Angriffsfläche, sie sind ihnen auch besonders lange ausgesetzt. Schadwirkungen können sich an ihnen über lange Zeit summieren. So ist es verständlich, wenn von den Rauchgasschäden vornehmlich die Gehölze und Bäume betroffen werden. Am wenigsten leiden im Freiland die tief am Boden stehenden und oft von höheren Vegetationskörpern oder Gebäuden abgeschirmten Gewächse der Landwirtschaft. Da die „Immissionszeiten" im Gelände stoßweise auftreten, bietet die kurze Lebensdauer und das schnelle Wachstum einjähriger Pflanzen außerdem große Wahrscheinlichkeit, von schweren Angriffen in kritischen Entwicklungsphasen verschont zu bleiben bzw. Einzelangriffe in Erholungspausen auszuwachsen. Schäden in der Landwirtschaft sind daher auf die unmittelbare Nähe von Großindustrien beschränkt, während sogar letale Schäden an den langlebigen Bäumen bzw. Waldbeständen über weite Entfernungen auftreten und längere Zeit sichtbar bleiben.

Die Immissionswirkungen in der Landschaft treten uns daher sowohl in den lokalen Schadgebieten wie in den großen Ballungsräumen vornehmlich im Zustand der Wälder, Parkanlagen, Gehölze, Friedhöfe und Gärten entgegen. Die Verkümmerung des Wachstums äußert sich in einer vorzeitigen „Ausräucherung" der empfindlichsten Arten, besonders der Koniferen. Dadurch verarmt die Pflanzenwelt, die Grünflächen werden licht und locker. Die weniger empfindlichen Gehölze bilden in den chronischen Einflußgebieten mit gedrücktem, greisenhaftem Wuchs einen ausgesprochenen „Immissionshabitus" aus. Die Folge sind relative Artenarmut, herabgesetztes Lebensalter sowie natürlich qualitative und quantitative Wachstums- und Fruchtminderungen sowie Verkaufswertverluste auf der einen Seite und erhöhte Kosten für Reinigung, Schutzmaßnahmen und Betriebsumstellungen auf der anderen Seite. Hinzu kommt in den Staubeinflußgebieten die Verschmutzungswirkung. Wer im Mai und Juni das Ruhrgebiet bereist, ist häufig überrascht von dem frischen Grün, das sich ihm darbietet. Schon im Frühsommer aber sieht das Grün verbraucht aus, staubig, grau und immissionsverfärbt.

Die Luftverunreinigung — wie sie heute tatsächlich an zahlreichen Einzelrauchquellen in der Landschaft und besonders ausgedehnt in den vier Ballungsräumen Mitteleuropas Ruhr, Mitteldeutschland, Erzgebirge und Oberschlesien herrscht, ist ein pathogener Umweltfaktor. Sie macht die Landschaft biologisch krank. Luftverschmutzungsareale sind demnach Zonen herabgesetzter Standortgesundheit. Diese Tatsache schlägt sich auch in der erhöhten Anfälligkeit rauchbeschädigter Vegetation gegen weitere abiotische Gefahren oder biotische Feinde nieder. An immissionsbeeinflußten Pflanzengemeinschaften treten bestimmte Schwächeparasiten verstärkt auf, natürlich nur solche,

*Abb. 6: Schwer immissionsbeschädigte Birnbäume in einem Obstgarten bei Gelsenkirchen.*

die nicht selbst immissionsanfällig sind. Die Frosthärte der Koniferen ist durch Immissionen vermindert.

### 8. Sozialfunktionen und Erholungswert der Grünflächen bei Industriemassierung

Mancher Besucher des Ruhrgebietes fragt: Wozu werden denn überhaupt noch so kümmerliche Bäume oder Wälder im Industriegebiet erhalten?

Geht man vom Ruhrgebiet aus, so muß ein durchaus unerfreuliches Bild der Waldflächen und Baumbestände im Industriegebiet gezeichnet werden. Die allgemeine Verstaubung und Wuchsverkümmerung sind hier nebeneinander bzw. zugleich vorhanden und seit Jahrzehnten geradezu ein Charakteristikum dieser Landschaft. Wer z. B. einmal durch die rd. 1000 ha Wälder zwischen Wanne-Eickel, Gelsenkirchen, Recklinghausen und Castrop-Rauxel gewandert ist, wird feststellen müssen, daß sie mit ihrem niederen, lichten und krüppeligen Wuchs sowie räumiger Stellung kaum noch ästhetischen Genuß zu vermitteln in der Lage sind. Hier spazieren zu gehen, ist wahrlich kein reines Vergnügen. Sofern nicht gerade kurz vorher Regen einen Teil der Staubauflage abspülte, sind Bäume, Sträucher und Gräser mit einer leicht abzustreifenden Staubschicht bedeckt. Um den Stammfuß älterer Laubbäume findet man auf dem gewachsenen Boden bis zu 5 cm mächtige und mehrere qm große „Dreckscheiben" aus dicht verbacktem Flugstaub, der von dem Astwerk herabgespült ist. Dies ist übrigens ein deutlicher Nachweis für die lufthygienische Filterwirkung von Bäumen und Wäldern, Staub aus der Luft zu kämmen. Manche Staubbestandteile, wie z. B. ruß- und teerhaltige Stoffe, haften oder kleben sehr hartnäckig an Zweigen, Rinden und Ästen und sind daher ein dauernder Bestandteil der Ruhrgebietswälder. Man muß sich hüten, Zweige und andere Vegetationsteile zu berühren, will man von der Wanderung nicht verschmutzt nach Hause kommen. Das gleiche gilt — wenn auch in minderem Maße — für die Wälder der Randzonen des Revieres im Norden und Osten, wohin der Wind die Immissionen hauptsächlich trägt.

Obwohl das genannte Waldgebiet Forstorte von durchaus noch respektabler Größe mitten im Zentrum des Ballungsraumes Ruhr enthält, trifft man Spaziergänger in nennenswertem Maße nur in den ersten Wochen nach dem Laubausbruch an, wo die Natur wenigstens noch einige Reize der Unberührtheit zu vermitteln vermag. Auch Spaziergänger sind heute verwöhnt. Sie wünschen gepflegtes, sauberes Grün, wie es in den Garten- und Parkanlagen mancher Ruhrgroßstädte durch ständige Erneuerung von Blumenbeeten, Mähen von Rasenflächen usw. unter Aufbietung sehr hoher Kosten stellenweise auch geboten wird. Dem verstaubten und zugleich abgasbeschädigten Waldbau aber ist es unmöglich, dem Besucher immer wieder neue Frische zu bieten.

Wir brauchen die Augen nicht davor verschließen, daß eine hohe Luftverunreinigung den Erholungswert der Wälder im Industriegebiet ganz erheblich mindern kann. Schließlich sammeln ja gerade die Wälder große Mengen Staub und legen ihn im Boden endgültig fest. Das ist wohl ihre wesentlichste Landeskultur- und zugleich *) Sozialfunktion im Industrierevier.

Viel Staub sammeln und festhalten, schließt aber einen hohen Sauberkeitsgrad aus. Es gibt somit Fälle so hoher Beanspruchung, daß man nicht alle segensreichen Wirkungen des Waldes gleichzeitig haben kann.

Aber das Zentrum des Ruhrgebietes ist in der Bundesrepublik hinsichtlich Luftverunreinigung ein Extremfall. Schon das Ruhrtal selbst und die südlichen Randzonen des Ballungsraumes, wohin nur wenig Immissionen geweht werden, sind erheblich sauberer als der Kern und die nördlichen und östlichen Randzonen. Insbesondere aber sind die übrigen deutschen Ballungsräume Rhein/Main, Mannheim/Ludwigshafen, Stuttgart, München, Nürnberg, Hamburg, Bremen und Hannover bei weitem luftsauberer. Es sind dies wohl Ballungszentren der Siedlung, aber keineswegs der besonders luftverunreinigenden Großindustrien. Das wird in vielen Verlautbarungen völlig übersehen. Vor allem fehlt außerhalb der Kohlenreviere die starke Konzentration thermischer Großkraftwerke und Metallindustrien, den Hauptverschmutzern des Ruhrreviers. Deshalb ist der Gesundheitszustand der Wälder und Grünflächen dieser anderen deutschen Ballungszentren auch unvergleichlich besser als der der Ruhrgebietswälder. Wer den Waldzustand immissions-ökologisch als Indikator anzuwenden weiß, erkennt schnell, daß die sog. deutschen Ballungsgebiete hinsichtlich Luftverunreinigungsgrad, Vitalität und Gesundheitszustand der Vegetation ganz erheblich differieren.

So ist auch die Bedeutung des Waldes als Erholungsraum der Menschenballung lediglich im Zentrum des Ruhrgebietes vielleicht zweifelhaft. Die wenigen hier und man möchte sagen hoffnungslos im Luftverunreinigungsozean verstreuten Waldreste können gegen die großen und ständig erneuerten Immissionsmengen einfach nicht aufkommen. Man kann auch sagen, sie müssen so übermäßig viel Lufthygiene-Funktion erfüllen, daß die Sozialfunktion Erholungswert darunter leidet. Ein mitleidswerter Immissionserkrankungszustand spricht also nicht etwa gegen den Wald im Industriegebiet, sondern doppelt für ihn!

*) Bei dieser Gelegenheit sei darauf aufmerksam gemacht, daß die sogen. „Wohlfahrtswirkungen" des Waldes nicht streng in Landesschutz- und Sozialfunktionen getrennt werden können. Die Luftverunreinigungen festhaltende oder ablenkende Wirkung des Waldes ist für die Landeskultur und Gesundheitsfürsorge gleichermaßen bedeutsam und wichtig. Bei der rapide ansteigenden Menschenzahl, ihren wachsenden Ansprüchen an die Landschaft und ihrer Gebundenheit an biologische Lebensgesetze dienen Schutz- und Sozialfunktionen beide letzten Endes nur dem gleichen Zweck, der Erhaltung einer natürlichen, gesunden Umwelt. Verf. hält es für zweckmäßig, in der Aufgabenstellung des Waldes nur 2 Funktionsgruppen zu unterscheiden:

a) Die Landesschutz- und Sozialfunktionen sowie
b) die Wirtschafts- und Naturalversorgungsfunktionen.

*Abb. 7: 100jährige Rauchbiese in der Eifel nach Waldvernichtung um 1860. Aufnahme 1960.*

### 8. Wald in der Ballungsraumplanung

In den meisten Ballungsgebieten ist uns die Entwicklung noch nicht davon gelaufen. Hier liegt noch relativ wenig Großindustrie mit relativ viel Grün zusammen. Trotz Erholung vielseitiger Schutz- und Sozialfunktionen sind die stadtnahen Wälder hier noch nicht überbeansprucht und haben — abgesehen von lokalen Schadflächen — daher durchweg auch noch ihren vollen Erholungswert. So mag das Ruhrgebiet ein lehrreiches Beispiel sein, etwa zwischen Wiesbaden, Darmstadt und Hanau einem Raum, den seine Verkehrsnähe zum magischen Anziehungspunkt von Großindustrien macht) oder in den anderen Stadtballungen frühzeitig die Weichen zu stellen und nicht ein ähnliches Mißverhältnis zwischen Großindustrie bzw. Luftverunreinigung und Grünflächen wie im Ruhrgebiet eintreten zu lassen.

Es ist notwendig, sich schon bei Beginn einer Industrialisierungsverdichtung mit lufthygienischen und sanitären Erfordernissen zu beschäftigen, nicht erst hinterher, wenn es — wie im Ruhrgebiet — fast zu spät ist. Längst geht es für die eine Seite nicht mehr allein um Feststellung und Schadenersatz von Rauchschäden, und für die andere Seite um Industrialisierung um jeden Preis. Es geht um die nachhaltige Gesunderhaltung der Landschaft bei gleichzeitigem Gebrauch (nicht Mißbrauch) der Technik.

Nirgends ist der Wald so notwendig für die Gesundheit der Landschaft wie in den Ballungsgebieten. Er darf gerade hier nicht planlos zerstückelt und schließlich ganz aufgerieben werden. Zumindest sollten so breite, zusammenhängende Aufgliederungskomplexe unangetastet bleiben, daß der Wald in der Lage ist, ein Eigenklima aufrecht zu erhalten. Nur eine konsequente, auch auf die Lufthygiene ausgerichtete Raumordnungspolitik kann verhindern, daß uns die technische Expansion um unsere Gesundheit bringt und damit die Früchte des wirtschaftlichen Fortschrittes gefährdet.

Vorbeugen ist besser als Heilen. Die übrigen Ballungsgebiete können aus den Fehlern der Ruhrgebietsentwicklung vieles lernen. Möge ihnen dieser hohe Grad einer Landschaftsbeanspruchung und -überfremdung erspart werden.

# Beobachtungen über das Auftreten von Schäden durch Rhizina undulata

Von Forstmeister W. Kramer

Im Spätsommer und Herbst 1963 wurden in einer Fichtenkultur aus dem gleichen Jahre unverhältnismäßig starke Abgänge beobachtet. Die Nadeln färbten sich gelblich-rot und fielen ab. Gelegentlich eines Besuches von Frau Prof. Francke-Großmann von der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Reinbek und dem Abteilungsleiter Yde-Andersen von der Dänischen Forstlichen Versuchsanstalt wurden auf der Kulturfläche zahlreiche Fruchtkörper von Rhizina undulata Fr. (= syn. Rhizina inflata Schaeff.) gefunden und zugleich der Nachweis erbracht, daß die Sterbeerscheinungen auf das Vorkommen dieses Pilzes zurückzuführen sind. Diese Tatsache gab Veranlassung zu einer eingehenden Ermittlung des Tatbestandes, die zu dem nachfolgenden Ergebnis führte:

### 1. Vorbestand und Boden

Staatl. Forstamt Syke — Revierförsterei Friedeholz Abt. 123 a

1963 81j. Fichte, Leistungsklasse 8, Mischungsanteil 84 %
81j. Strobe, Leistungsklasse 9, Mischungsanteil 12 %
81j. Kiefer, Leistungsklasse 7, Mischungsanteil 2 %
81j. Buche, Leistungsklasse 6, Mischungsanteil 2 %

auf mäßig wechselfeuchtem, mäßig bis stark podsoliertem schluffigem Feinsand (Flottsand bis 100 cm mächtig) über kiesigem, schwach lehmigem bis lehmigem Sand (Geschiebelehm) in meist ebener Lage, grundwasserfrei. Der Bestand wurde im Jahre 1949 mit 2500 kg CaO je ha gekalkt.

### 2. Durchgeführte Maßnahmen

Im Winter 1962/1963 wurde der Altbestand auf einer Fläche von 1,1 ha abgetrieben und danach im Frühjahr 1963 mit Fichte und Omorikafichte je zu 50 % im 1,5 m-Verband mit Hohlspaten bepflanzt. Zuvor wurde die Schlagabraumbeseitigung nach der im Forstamt Syke üblichen Methode durch Verbrennen des Schlagabraums durchgeführt. Dazu wurde der Schlagabraum auf Haufen zusammengesetzt. Während des Schlagabraumverbrennens lief das Feuer von mehreren Einzelbrennstellen zusammen, so daß auch ein kleiner Flächenbrand entstand. Insgesamt betrug die Brandfläche 0,23 ha, davon entfielen auf den Flächenbrand 0,1045 ha und auf die insgesamt 34 Einzelbrennstellen 0,1245 ha. Die Einzelbrennstellen hatten insgesamt eine Durchschnittsflächengröße von 36 qm.

### 3. Schadensbeobachtungen

In der Fichtenkultur wurden im Laufe des Sommers 1963 zahlreiche Abgänge beobachtet. Die Fichte zeigte gelblich-rote Nadelverfärbungen, die Jahrestriebe rollten sich zusammen und schließlich fielen die Nadeln ab. Dieses geschah unterschiedslos bei der Rotfichte wie auch bei der Omorikafichte. Im Herbst des Jahres wurden dann an den Stubben, aber auch an den Rändern der einzelnen Brennstellen krustenförmige bis 15 cm dunkelbraun gefärbte Fruchtkörper festgestellt. Die abgestorbenen Fichten wiesen ein mehr oder weniger stark zerstörtes Wurzelsystem auf und zeigten deutlich feine weißliche Pilzmycelfäden. Der Pilz wurde als Rhizina undulata Fr. (= syn. Rhizina inflata Schaeff.) bestimmt.

Im Frühjahr 1964 wurde eine Überprüfung der Kultur vorgenommen. Dabei wurde festgestellt, daß 60 % aller auf den Brandflächen vorhandener Fichtenpflanzen abgestorben waren. Dabei ergab sich wie schon bei den ersten Beobachtungen kein Unterschied zwischen der Rotfichte und der Omorikafichte. Im Vergleich dazu wiesen die Flächen, auf denen kein Schlagabraum verbrannt bzw. kein Bodenfeuer entstanden war, nur die normalen Abgänge mit 8 % auf. Im Herbst 1964 wurde eine weitere Aufnahme der Fläche durchgeführt. Dabei ergaben sich dem Zustand vom Frühjahr 1964 gegenüber keine wesentlichen Abweichungen.

### 4. Literaturangaben

Kraemer (3) bezeichnet die Erkrankung durch Rhizina undulata als ein typisches Beispiel für pathozöne Organismen, deren dauernde Anwesenheit im Boden infolge ihrer Fähigkeit, saprophytisch zu leben, bei günstiger Gelegenheit eine rasche Ausbreitung ermöglicht. Diese günstige Gelegenheit scheint nach den eigenen Beobachtungen mit dem Schlagabraumverbrennen und der damit verursachten Erhitzung des Bodens in Verbindung zu stehen. Diese Beobachtung wird auch von Yde-Andersen (4) bestätigt, der auf Schlagabraumbrennstellen von Nadelholzstubben ausgehend die Ausbreitung des Pilzbefalls beobachtet hat. Dabei stellte er fest, daß die Ausbreitung des Pilzes auch in die umgebenden Kulturen, also außerhalb der Brennstellen erfolgte, und zwar bis zu 5 Jahren nach der Kulturbegründung und dann aufhörte. Die von Kraemer genannten günstigen Gelegenheiten bestehen nach Yde-Andersen in der Beseitigung der konkurrierenden